



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 43 14 757.7
22 Anmeldetag: 5. 5. 93
43 Offenlegungstag: 10. 11. 94

DE 43 14 757 A 1

- 71 Anmelder:
Wolter, Andreas, O-2500 Rostock, DE
- 74 Vertreter:
Fiebig, W.; Schnick, A., Pat.-Anwälte, 18057 Rostock
- 72 Erfinder:
gleich Anmelder
- 56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:
EP 00 15 258 B1
SU 12 50 255 A1
RAVAZZANI, P.;
GRANDON, F.: Evoked Otacoustic Emissions:
Nonlinearities and Response Interpretation. In:
IEEE Transactions on Biomedical Engineering,
Vol. 40, No. 5, May 1993, S. 500-504;
GORGA, Michael P.;
et.al.: Otacoustic emissions from Normal-Hearing

and hearing-impaired subjects: Distortion product responses. In: J. Acoust. Soc. Am. 93(4), Pt. 1, April 1993, S. 2050-2060;
WADA, Hiroshi;
KABAYASHI, Toshimitsu: Dynamical Behavior of middle ear: Theoretical study corresponding to measurement results obtained by a newly developed measuring apparatus. In: J. Acoust. Soc. Am. 87(1), Jan. 1990, S. 237-245;

- 54 Verfahren und Vorrichtung zur Hörprüfung für Reihenuntersuchungen

- 57 Zur Verringerung der Untersuchungszeit von Hörprüfungen nach der Methode der Messung von akustischen Emissionen des Innenohres werden akustische Reizfolgen verwendet, die aufgrund des nur geringen Abstandes zwischen den Einzelreizen zu einer zeitlichen Überlagerung von Reiz- und Reizantwortsignalen führen. Hierzu werden die signalaufnehmenden Bestandteile so ausgelegt, daß sie einer kontinuierlichen Erfassung und Auswertung dieses Summensignals ermöglichen. Der Einfluß der zeitlichen Überlagerung von Reiz- und Antwortsignalen wird durch die Anwendung von numerischen Verfahren der Signalverarbeitung berücksichtigt und korrigiert. Durch die hohe Anzahl der in kurzer Zeit erfaßten Reizantwortsignale werden in der anschließenden mathematischen Auswertung der gemessenen Signale die Störanteile im Meßergebnis effektiv unterdrückt. Mit vertretbarem zeitlichen Aufwand können mit diesem Verfahren Hörprüfungen auch ohne besonderen Schallschutz durchgeführt werden. Dieses Verfahren ist daher auch für Reihenuntersuchungen geeignet.

DE 43 14 757 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren der objektiven Hörprüfung und Differentialdiagnostik von Hörstörungen durch die Messung und Auswertung der aktiven akustischen Emissionen des Innenohres, den sog. Otoakustischen Emissionen, OAE.

Gemäß EP 0 015 258 ist eine Vorrichtung zum Feststellen des Hörvermögens bekannt, der folgendes Meßprinzip zugrunde liegt. In einem Reizerzeugungsteil werden akustische Impulse erzeugt und über eine Ohrsonde in den äußeren Gehörgang eingeleitet. In derselben Sonde ist ein Schallwandler angeordnet, der die Echosignale aufnimmt. Die vom Innenohr ausgehenden Echosignale werden durch eine Zeittorschaltung im Auswerteteil des Gerätes von den einfachen physikalischen Echos der Gehörgangsgeometrie getrennt. Nach Abklingen der Reizantwort wird dieser Zyklus von etwa 20 ms Gesamtdauer erneut gestartet, so daß die maximale Reizfolge auf etwa 50 je Sekunde begrenzt ist. Durch Anwendung der Mittelungstechnik werden Rauschanteile im Antwortsignal verringert. Die Ergebnisse getrennter Mittelungen können statistisch miteinander in Beziehung gesetzt, und vom Gerät angezeigt werden. Messungen mit Reizen unterschiedlicher Form und Frequenz sind möglich. Durch die Ohrsonde werden auch Geräusche aus der Umgebung aufgenommen, die im selben Frequenzbereich wie das gesuchte Nutzsignal auftreten, und die das Meßergebnis wie eine zufällige Störgröße überlagern. Zur effektiven Reduzierung dieser Störung ist neben einer subjektiv wählbaren Akzeptanzlautstärke nur eine entsprechend hohe Anzahl von Mittelungszyklen, d. h. ein erhöhter Zeitbedarf oder ein vergrößerter Aufwand zur Abschirmung von Umgebungsgerauschen möglich.

Dieser bekannte Stand der Technik weist mehrere Nachteile auf.

Ein Mangel besteht darin, daß die Folgefrequenz der Einzelreize bedingt durch die Zeittorschaltung nicht wesentlich über 50 Hz erhöht werden kann.

Ein weiterer Mangel ist darin zu sehen, daß die Anwendung des Meßverfahrens in Umgebungen ohne besondere Schallschutzmaßnahmen zu einer erheblichen Verlängerung der Untersuchungsdauer führt, und damit für begrenzte Untersuchungszeiten besondere Schallschutzmaßnahmen in der Umgebung notwendig sind.

Schließlich erweist es sich als nachteilig, daß sich, wegen der nur einfachen Ausführung der Aufnahme und Auswertung, bei der oft erforderlichen Untersuchung beider Ohren die notwendige Untersuchungszeit nahezu verdoppelt.

Aufgabe der Erfindung ist daher die Bereitstellung eines Verfahrens, das eine objektive und automatische Detektion von otoakustischen Emissionen unter normalen Umgebungsbedingungen, d. h. auch außerhalb schallisolierter Räume ermöglicht, welches neben der Verbesserung der Aussagesicherheit die Verkürzung der Untersuchungszeit und die Verbesserung der Handhabung gegenüber der bekannten Technik erreicht, sowie die Bereitstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur objektiven Hörprüfung mittels Messung der akustischen Antwort des Innenohres auf einen Schallreiz gelöst, das aus den Verfahrensschritten

— Erzeugung einer Reizfolge aus akustischen Impulsen,

- 2
- Weiterleitung dieser Reizfolge an das zu untersuchende Ohr,
 - Messung der Schallsignale im äußeren Gehörgang,
 - Aufbereitung der Meßergebnisse zu Kenngrößen,
 - deren automatische Bewertung zur
 - Bildung des Untersuchungsergebnisses: OAE vorhanden/nicht nachweisbar,
 - Darstellung, Protokollierung,

wobei der zeitliche Abstand der Einzelreize innerhalb einer Reizfolge so verringert wird, daß sich die akustischen Reizsignale und die Antwortsignale des Innenohres zeitlich zu einem Summensignal überlagern. In diesem Summensignal sind bei vorhandenen Emissionen des Innenohres eine hohe Anzahl der erwarteten Antwortsignale enthalten, die teilweise gegenseitig überlagert und durch Reizsignale und Rauschsignale überdeckt sind. Das Summensignal wird zur Ermittlung otoakustischer Emissionen statistischen, spektralen und/oder zeitlichen Auswertungen zugeführt.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung bezieht sich auf die erfindungsgemäße Vorrichtung, die aus einer Sonde besteht, die eine Einführung sondenimmanenter Wandler in den inneren Gehörgang des Ohres gestattet, wobei sowohl der Wandler für die Erzeugung einer Reizfolge (Lautsprecher) als auch der Wandler zur Aufnahme des Schallsignals (Mikrofon) über jeweils einen Verbindungskanal mit dem trommelfellseitigen Gehörgang verbunden ist. Dabei ist der die Sonde bildende Grundkörper von zwei Verbindungskanälen durchdrungen, wobei jeder der Verbindungskanäle einen von diesem ausgehenden Nebenkanaal aufweist, der in den jeweiligen Wandler mündet.

In den Verbindungskanälen ist ein von der Außenseite der Sonde einführbares und zwischen zwei Positionen verschiebbares Stempelpaar angeordnet, wobei sich die eine Position des Stempelpaares durch den völligen Verschluß der Verbindungskanäle und die andere Position des Stempelpaares durch die Freigabe der Verbindungskanäle einschließlich der Nebenkanaäle zum trommelfellseitigen Gehörgang hin darstellt. Die Sonde ist von einer den Gehörgang abdichtenden Manschette umgeben, und darüber hinaus ist eine akustische Kapselung zur zusätzlichen Abschirmung der Sonde vorgesehen.

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Die dazugehörigen Zeichnungen zeigen in

Fig. 1 ein Blockschaltbild zur Darstellung der Verfahrensschritte,

Fig. 2 einen Querschnitt durch die erfindungsgemäße Vorrichtung.

Wie beim bekannten Verfahren besteht auch hierbei das Grundprinzip in der Auswertung der vom Innenohr aktiv erzeugten Signale, nachfolgend als Otoakustische Emissionen (OAE) bezeichnet, welche als niederintensive Komponenten im äußeren Ohr vorhanden sind, doch von höherintensiven Störschallsignalen zu einem resultierenden Signalgemisch überlagert werden.

Zur Aufnahme dieses Signalgemisches dient ein in einer Sonde 1 befestigtes Mikrofon. Neben dem Mikrofon befindet sich in der Sonde ein Lautsprecher. Die Sonde wird im äußeren Ohr so befestigt, daß ein durch Trommelfell und Sonde abgeschlossener Luftraum entsteht, mit dem das Mikrofon und der Lautsprecher über Kanäle in Verbindung stehen.

Der Lautsprecher der Sonde 1 dient der akustischen Reizung des Ohrs. Durch einen Reizgenerator 2 können zeitlich getriggerte Schallreize unterschiedlicher Form und Intensität über den Lautsprecher dem Ohr dargeboten werden, wodurch das Innenohr zur Bildung von sog. evozierten OAE angeregt werden kann.

Das durch das Mikrofon der Sonde 1 aufgenommene Signalgemisch wird in der Aufnahme 3 aufbereitet und für die weitere Verarbeitung in eine geeignete Form, z. B. durch Digitalisierung, umgewandelt.

Um die im Signalgemisch verborgenen OAE zu gewinnen, wird durch die Filterung 4 eine Verringerung der Störkomponenten nach verschiedenen Verfahren durchgeführt. Zum Einsatz kommen, wie auch bisher, Verfahren der statistischen, spektralen und zeitlichen Trennung. Die Neuartigkeit liegt gegenüber der bisherigen Technik in dem variablen Einsatz der unterschiedlichen Filterverfahren und der adaptiven Einstellung der Filterparameter, welche sich den jeweiligen Meßbedingungen anpassen.

Das durch die Filterung in der Nutz/Störsignalqualität verbesserte Signalgemisch wird der Auswertung 5 zugeführt. Ziel der Auswertung ist das Gewinnen von Parametern, welche objektiv bewertbare Kenngrößen für das Signalgemisch und deren Signalkomponenten sind.

Da sich OAE nur unter Einbeziehung einer Vielzahl von Merkmalen in dem Signalgemisch identifizieren lassen, werden durch die Anwendung verschiedener Auswerteverfahren Parameter gewonnen, welche in ihrer Gesamtheit ein ausreichend sicheres Kriterium für das Vorhandensein der OAE im Signalgemisch bilden.

Eine weitere Aufgabe der Auswertung liegt während der Messung in der Ermittlung von Gütekriterien 12, welche zum einen als Regelgrößen für den selbstoptimierenden Meßprozeß, und zum anderen als Abschluß- und Abbruchkriterien zur Minimierung der Meßzeit dienen.

Da bei unterschiedlichen Meßbedingungen auch unterschiedliche Auswerteverfahren günstig sein können, wird die Auswahl der genutzten Verfahren sowie deren einstellbare Parameter in Abhängigkeit von den Meßbedingungen adaptiv durchgeführt.

Da für unterschiedliche Auswerteverfahren die akustische Reizung des Innenohres in unterschiedlicher Weise erfolgt, werden für jedes Auswerteverfahren ein oder mehrere spezielle Reizmuster 6 erzeugt und dem Reizgenerator 2 zugeführt.

Die durch die Auswerteverfahren gewonnen Parameter bilden in Ihrer Gesamtheit den sogenannten Parametervektor 7. Er stellt die Kennzeichnung der Eigenschaften des Signalgemisches und besonders der darin verborgenen OAE dar.

Durch eine geeignete Bewertung 8 des Parametervektors lassen sich Aussagen über den Zustand des Systems Ohr und dessen Umgebungsbedingungen ableiten.

Die Methode der Bewertung ist grundsätzlich frei, d. h. es können neben numerischen Wichtungen auch logische Verknüpfungen eingesetzt, oder Entscheidungen durch neuronale Strukturen erzeugt werden. Die Wahl der Bewertungsmethode hängt wesentlich vom Umfang des Parametervektors, von der Form des geforderten Ergebnisses, binär bis zahlenmäßig, und von der geforderten Aussagesicherheit ab.

Das beim Einsatz zur Reihenuntersuchung geforderte Ergebnis 9:

- a) OAE sicher nachweisbar → Ohr in Ordnung, oder
- b) OAE nicht sicher nachweisbar → nähere Untersuchung erforderlich, wird durch eine numerische und logische Wichtung des Parametervektors erreicht.

Durch eine Ergänzung der Auswertelgorithmen 5 und durch eine Ergänzung mit weiteren Bewertungsmethoden 8 können auch zusätzliche Entscheidungen getroffen werden.

Zur Darstellung des Untersuchungsergebnisses und zur Bedienerführung dient die Funktionseinheit Anzeige und Protokoll 10. Für den Einsatz zur Reihenuntersuchung ist während der Messung die Anzeige von Bedienerhinweisen und ev. Fehlermeldungen, sowie nach der Messung die Ausgabe und Protokollierung des Untersuchungsergebnisses und weiterer benötigter Daten, wie des Parametervektors, möglich.

Neben der schriftlichen Protokollierung ist wahlweise die Speicherung eines elektronischen Protokolls zur späteren Übergabe an die elektronische Datenverarbeitung möglich.

Zur gleichzeitigen Untersuchung beider Ohren, sind die Funktionsgruppen in zweikanaliger Ausführung vorgesehen.

Die Steuerung 11 übernimmt die Koordination der Funktionsgruppen, sowie die Optimierung des Meßprozeß anhand der Gütekriterien 12.

Die Erläuterung der neuartigen Sondenkonstruktion wird anhand von Fig. 2 durchgeführt:

Wie bisher, besteht die Sonde 1 aus dem Grundkörper 13, welcher zur Aufnahme von Mikrofon 14 und Lautsprecher 15 dient. Gleichzeitig wird durch den Grundkörper 13 eine Dämpfung des äußeren Störschalls erreicht.

Die bisher verwendeten Vorrichtungen zur Fixierung des Grundkörpers 13 der Sonde 1 waren bei der praktischen Anwendung aufgrund unterschiedlicher Abmessungen des Gehörganges schwierig zu platzieren und zu fixieren.

Demgegenüber wird durch eine in Form und Volumen variable Abdichtung 16 eine bessere Positionierung und Fixierung erreicht. Neben der höheren Sondenstabilität wird durch eine geeignete Materialwahl die Körperschalldämpfung verbessert. Als Ausführungsvarianten der Abdichtung 16 werden vorgesehen:

- a) eine einmalig verwendbare zylindrische Manschette 17 aus begrenzt quellfähigem Material, wobei der Grundkörper 13 durch den Quellvorgang fixiert wird.
- b) eine mehrfach verwendbare aufblasbare Hohlmanschette, welche zur Fixierung des Grundkörpers 13 mit einem geeigneten Medium aufgeblasen wird.

Bei bisherigen Sonden 1 waren die Wandler 14, 15 über zylindrische Röhren mit dem trommelfellseitigen Gehörgang verbunden. Bei der Einführung der Sonde 1 kam es häufig zu Verstopfungen dieser Kanäle und damit zur Unbrauchbarkeit der Sonde.

Demgegenüber sind die Verbindungskanäle 18 zwischen den sondenimmanenten Wandlern 14, 15 mit dem Gehörgang als Y-förmiges Röhrensystem ausgebildet, wodurch mit Hilfe eines dünnen Stempelpaares 19 die Verunreinigung der Kanäle 18 durch Cerumen (Ohrschmalz) vermieden bzw. beseitigt werden können.

Durch eine zusätzliche akustische Kapselung 20 wird der äußere Störschall vor der Sonde 1 abgeschirmt.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist darin begründet,

- daß das Gerät direkt das Vorhandensein oder das Fehlen von otoakustischen Emissionen im gemessenen Reizantwortsignal des untersuchten Ohres anzeigt und damit z. B. für die Reihenuntersuchungen zur Hörfähigkeitsprüfung geeignet ist,
- daß eine Vereinfachung der Bedienung durch die automatische Einstellung und Optimierung der Meßparameter erfolgt,
- daß das Untersuchungsergebnis direkt ablesbar dargestellt und protokolliert werden kann,
- daß zur Auswertung keine besondere fachliche Qualifikation und Erfahrung notwendig ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Hörprüfung mittels Messung der akustischen Antwort des Innenohres auf einen Schallreiz, bestehend aus den Verfahrensschritten:
 - Erzeugung einer Reizfolge aus akustischen Impulsen,
 - Weiterleitung dieser Reizfolge an das zu untersuchende Ohr,
 - Messung des Schallsignals im äußeren Gehörgang, sowie
 - Aufbereitung und Darstellung der Untersuchungsergebnisse zur Beurteilung des Zustandes des untersuchten Ohrs, dadurch gekennzeichnet, daß das Vorhandensein oder das Fehlen von otoakustischen Emissionen im gemessenen Reizantwortsignal des untersuchten Ohres automatisch ermittelt und dargestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die an das zu untersuchende Ohr ausgesendeten Reizimpulse innerhalb einer Untersuchung von unterschiedlicher Form und Frequenz sein können.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils gewählten mathematischen Auswerteverfahren in direktem Zusammenhang zum jeweiligen Reizmuster und der Art der Überlagerung stehen.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine zeitliche Überlagerung von Reizantwortmessung und Reizaussendung zugelassen ist, durch die eine höhere Reizfolgefrequenz erreicht wird und bei der mathematische Verfahren der Signalverarbeitung zur Berechnung eines mittleren Reizantwortsignals angewendet werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mittels verschiedener Auswerteverfahren aus dem gemessenen Reizantwortsignal Parameter ermittelt werden, welche in ihrer Gesamtheit ein hinreichendes Kriterium für die Beurteilung des Vorhandenseins von otoakustischen Emissionen teilung des Vorhandenseins von otoakustischen Emissionen darstellen.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß wesentliche statistische Beziehungen zwischen Reiz, Antwort, Störung und Umgebungsgeräusch ermittelt und durch Parameter dargestellt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Signal-Rausch-Abstand und da-

mit ein Parameter für die Qualität des gemessenen Reizantwortsignals aus der Messung selbst ermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Parameter aus der frequenzabhängigen Laufzeit der Reizantwortsignalbestandteile ermittelt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Parameter aus der zeitlichen Verteilung der spektralen Leistungsdichte im Reizantwortsignal ermittelt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Parameter ermittelt werden, welche die Signalkompression darstellen, die im Antwortsignal auf ein entsprechend geformtes Reizsignal, innenohrtypisch, auftreten.

11. Verfahren nach Anspruch 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil dieser Parameter schon während der Messung zur Schätzung der Meßqualität und zur Optimierung des Meßprozesses eingesetzt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Bedarf weitere Parameter durch entsprechende Auswerteverfahren ermittelt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelten Parameter als Einzelwerte dargestellt werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß durch entsprechende Bewertung des Parametervektors Entscheidungen bezüglich des Zustandes des Systems Ohr und Umgebung automatisch ableitbar sind.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine Wichtung des ermittelten Parametervektors mit einem logisch/numerischem Koeffizientenvektor Produkte berechnet werden, aus deren Summe mit ausreichender Aussagesicherheit eine automatische Entscheidung bzgl. der Aussage (Otoakustische Emission: Vorhanden/nicht nachweisbar), getroffen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine adaptive Störungsunterdrückung die Verbesserung der Meßqualität erreicht wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Erfassung der Umgebungsstörungen Informationen gewonnen werden, welche für die adaptive Störungsunterdrückung und Überwachung der Meßqualität nutzbar sind.

18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das gesamte System durch Regelalgorithmen selbstoptimierend arbeitet.

19. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bestehend aus einer Sonde (1), die eine Einführung sondenimmanenter Wandler (14, 15) in den inneren Gehörgang des Ohres gestattet, wobei sowohl der Wandler (14) für die Erzeugung einer Reizfolge als auch der Wandler (15) zur Aufnahme des Schallsignals über jeweils einen Verbindungskanal (18) mit dem trommelfellseitigen Gehörgang verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß der die Sonde (1) bildende Grundkörper (13) von zwei parallel zur Achse des Grundkörpers (13) verlaufenden Verbindungskanälen (18) durchdrungen wird, wobei jeder der Verbindungskanäle (18) einen von diesem ausgehenden Nebenkana (21) aufweist, der in den jeweiligen Wandler (14, 15)

mündet,
in den Verbindungskanälen (18) ein von der Außen-
seite der Sonde (1) einführbares und zwischen zwei
Positionen verschiebbares Stempelpaar (19) ange-
ordnet ist, wobei sich die eine Position des Stempel- 5
paares (19) durch den völligen Verschluß der Ver-
bindungskanäle (18) und die andere Position des
Stempelpaares (19) durch die Freigabe der Verbin-
dungskanäle (18) einschließlich der Nebkanäle
(21) zum trommelfellseitigen Gehörgang hin dar- 10
stellt,
die Sonde (1) von einer den Gehörgang abdichten-
den Manschette (17) umgeben ist, und
eine akustische Kapselung (20) zur zusätzlichen
Abschirmung der Sonde (1) vorgesehen ist. 15
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch ge-
kennzeichnet, daß die Manschette (17) als mehrfach
verwendbarer und aufblasbarer, zur Schalldäm-
mung mit einem geeignetem Medium gefüllter
Dichtring ausgeführt ist. 20
21. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch ge-
kennzeichnet, daß eine einmalig verwendbare zy-
lindrische Manschette (17) aus begrenzt quellfähi-
gem Material besteht, wobei die Sonde (1) durch
den Quellvorgang fixiert wird. 25
22. Verfahren zur Hörprüfung, dadurch gekenn-
zeichnet, daß durch eine doppelte Auslegung der
Verfahren 1 bis 18 und der Vorrichtung 19 bis 21
die gleichzeitige Untersuchung beider Ohren er-
möglichst wird. 30

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

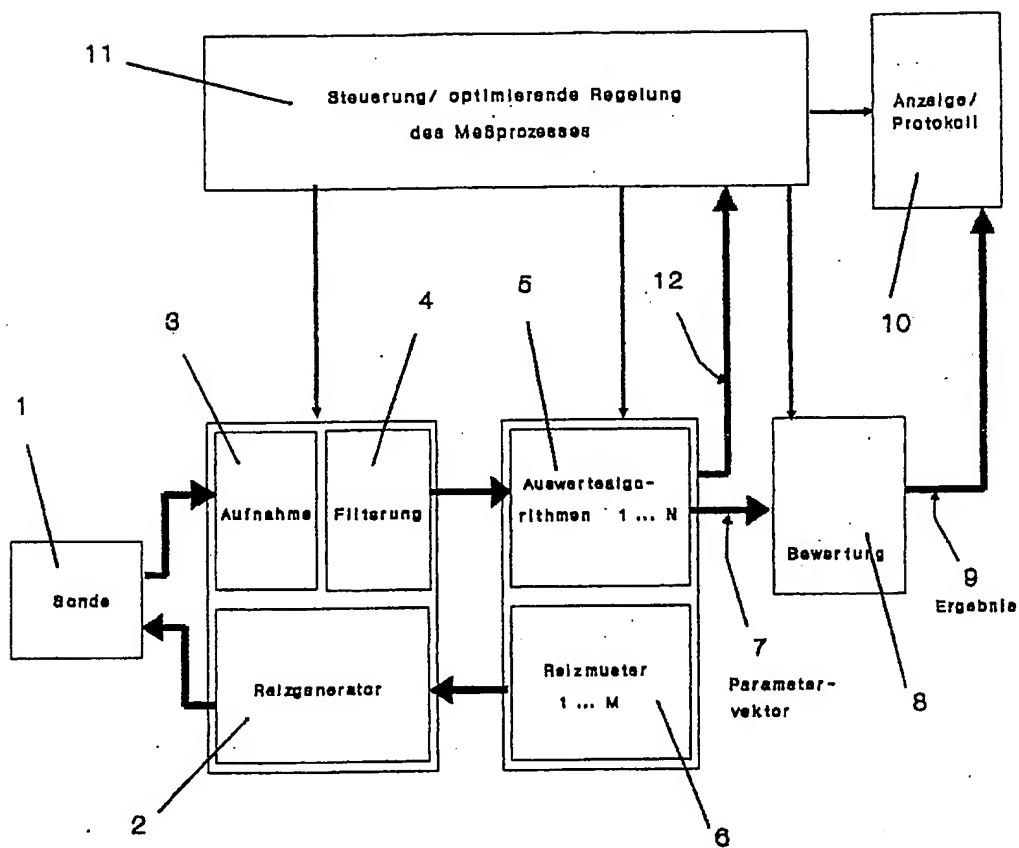


Fig. 1

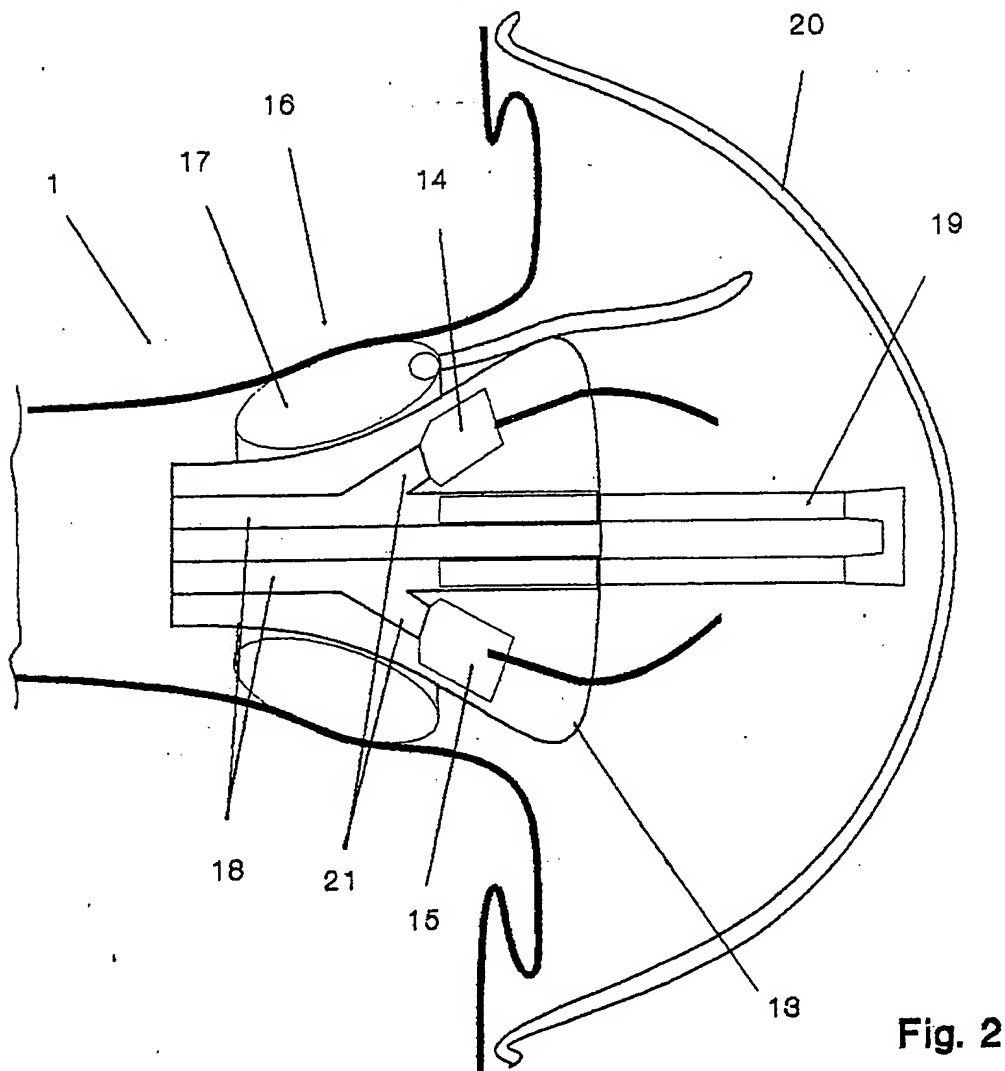


Fig. 2